

<b>1 Prüftechnik mit Geometrischer Produktspezifikation (ISO GPS)</b>	
1.1 Größen und Einheiten	9
1.2 Grundlagen der Messtechnik	11
1.2.1 Grundbegriffe	11
1.2.2 Messabweichungen	14
1.2.3 Messmittelfähigkeit und Prüfmittelüberwachung	17
1.3 Längenprüfmittel	19
1.3.1 Maßverkörperungen und Formverkörperungen	19
1.3.2 Mechanische und elektronische Messgeräte	22
1.3.3 Pneumatische Messgeräte	30
1.3.4 Elektronische Messgeräte	32
1.3.5 Optoelektronische Messgeräte	33
1.3.6 Koordinatenmessgeräte	35
1.4 Geometrische Produktspezifikation (ISO-GPS)	39
1.4.1 Bedeutung und Zielsetzung	39
1.4.2 Das ISO-GPS-Normensystem	39
1.4.3 Spezifikation, Verifikation, Validierung	40
1.4.4 Spezifikation durch Längen- und Winkelgrößenmaße	41
1.4.5 Zeichnungseintragung und Messung von Größenmaßen	42
1.4.6 Tolerierungsgrundsätze	43
1.4.7 Geometrische Spezifikation durch eine Zone	44
1.4.8 Beispiele zum Spezifizierungsprozess an Bauteilen einer Flügelzellenpumpe	44
1.4.9 Fachbegriffe zu ISO-GPS (Auswahl)	47
1.5 Toleranzen und Passungen	
Dimensionelle Tolerierung	49
1.5.1 Toleranzen	49
1.5.2 Passungen	53
1.6 Geometrische Tolerierung und Prüfung von Form, Richtung, Ort und Lauf	57
1.6.1 Form- und Lagetoleranzen	57
1.6.2 Prüfung von ebenen Flächen und Winkeln	59
1.6.3 Rundform-, Koaxialitäts- und Rundlaufprüfung	62
1.6.4 Gewindeprüfung	67
1.6.5 Kegelprüfung	69
1.7 Kenngrößen und Prüfung von Oberflächen	70
1.8 Practice your English	74
<b>2 Qualitätsmanagement</b>	
2.1 Arbeitsbereiche des QM	75
2.2 Die Normenreihe DIN EN ISO 9000	76
2.3 Qualitätsforderungen	76
2.4 Qualitätsmerkmale und Fehler	77
2.5 Werkzeuge des Qualitätsmanagements	78
2.6 Qualitätslenkung	81
2.7 Qualitätssicherung	82
2.7.1 Prüfplanung	82
2.7.2 Wahrscheinlichkeit	82
2.7.3 Die Normalverteilung von Merkmalswerten	83
2.7.4 Mischverteilung von Merkmalswerten	83
2.7.5 Kennwerte der Normalverteilung von Stichproben	84
2.7.6 Qualitätsprüfung nach dem Stichprobenverfahren	85
2.8 Maschinenfähigkeit	86
2.9 Prozessfähigkeit	89
2.10 Statistische Prozessregelung mit Qualitätsregelkarten	90
2.11 Auditierung und Zertifizierung	93
2.12 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Mitarbeiter optimieren Prozesse	94
2.13 Practice your English	95
<b>3 Fertigungstechnik</b>	
3.1 Arbeitssicherheit	97
3.1.1 Sicherheitszeichen	97
3.1.2 Unfallverhütung	98
3.1.3 Sicherheitsmaßnahmen	98
3.2 Gliederung der Fertigungsverfahren	99
3.3 Gießen	101
3.3.1 Formen und Modelle	101
3.3.2 Gießen in verlorene Formen	102
3.3.3 Gießen in Dauerformen	105
3.3.4 Gusswerkstoffe	106
3.3.5 Gussfehler	106
3.4 Formgebung der Kunststoffe	107
3.4.1 Extrudieren	107
3.4.2 Spritzgießen	108
3.4.3 Formpressen	111
3.4.4 Urformen von Schaumstoffen	111
3.4.5 Weiterverarbeitung der Halbzeuge und Fertigteile aus Kunststoffen	112
3.5 Umformen	114
3.5.1 Verhalten der Werkstoffe beim Umformen	114
3.5.2 Umformverfahren	114
3.5.3 Biegeumformen	115
3.5.4 Zugdruckumformen	118
3.5.5 Druckumformen	122
3.5.6 Maschinen zum Umformen	124
3.6 Schneiden	125
3.6.1 Scherschneiden	125
3.6.2 Strahlschneiden	130
3.7 Handgeführte spanende Fertigung	134
3.7.1 Grundlagen	134
3.7.2 Fertigen mit handgeführten Werkzeugen	135
3.8 Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen	139
3.8.1 Schneidstoffe	139
3.8.2 Kühlschmierstoffe	143
3.8.3 Sägen	146
3.8.4 Bohren	147
3.8.5 Senken	158
3.8.6 Reiben	159
3.8.7 Drehen	161
3.8.8 Fräsen	185
3.8.9 Räumen	202
3.8.10 Entgraten von Werkstücken	204
3.8.11 Schleifen	207

3.8.12 Feinbearbeitung .....	219	4.4.4 Einteilung der Stähle nach Zusammensetzung und Güteklassen .....	337
3.8.13 Funkenerosives Abtragen .....	225	4.4.5 Stahlsorten und ihre Verwendung .....	338
3.8.14 Vorrichtungen und Spannelemente an Werkzeugmaschinen .....	229	4.4.6 Handelsformen der Stähle .....	340
3.8.15 Fertigungsbeispiel Spannpratze .....	236	4.4.7 Legierungs- und Begleitelemente der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe .....	341
<b>3.9 CNC-Steuerungen für Werkzeugmaschinen .....</b>	<b>240</b>	4.4.8 Erschmelzen der Eisen-Gusswerkstoffe .....	342
3.9.1 Funktionseinheiten von CNC-Werkzeugmaschinen .....	240	4.4.9 Das Bezeichnungssystem für Gusseisenwerkstoffe .....	343
3.9.2 Koordinaten, Null- und Bezugspunkte .....	244	4.4.10 Eisen-Gusswerkstoffarten .....	344
3.9.3 Steuerungsarten, Werkzeugkorrekturen .....	246	4.4.11 Kohlenstoffgehalt der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe im Vergleich .....	346
3.9.4 Erstellen von CNC-Programmen nach DIN 66025 .....	249	<b>4.5 Nichteisenmetalle (NE-Metalle) .....</b>	347
3.9.5 Zyklen und Unterprogramme .....	254	4.5.1 Leichtmetalle .....	347
3.9.6 Programmieren von CNC-Drehmaschinen .....	255	4.5.2 Schwermetalle .....	349
3.9.7 Programmieren von CNC-Fräsmaschinen .....	263	<b>4.6 Sinterwerkstoffe .....</b>	352
3.9.8 Programmierverfahren .....	269	4.6.1 Herstellung von Sinter-Formteilen aus Metallen .....	352
3.9.9 5-Achs-Bearbeitung nach PAL .....	271	4.6.2 Eigenschaften und Verwendung von Sinter-Formteilen .....	353
3.9.10 Practice your English .....	275	4.6.3 Spezial-Sinterwerkstoffe .....	353
<b>3.10 Fügen .....</b>	<b>276</b>	<b>4.7 Keramische Werkstoffe .....</b>	354
3.10.1 Fügeverfahren .....	276	<b>4.8 Wärmebehandlung der Stähle .....</b>	356
3.10.2 Press- und Schnappverbindungen .....	279	4.8.1 Gefügearten der Eisenwerkstoffe .....	356
3.10.3 Kleben .....	281	4.8.2 Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm .....	357
3.10.4 Löten .....	283	4.8.3 Gefüge und Kristallgitter bei Erwärmung .....	358
3.10.5 Schweißen .....	289	4.8.4 Glühen .....	359
<b>3.11 Generative Fertigungsverfahren .....</b>	<b>303</b>	4.8.5 Härt(en) .....	360
3.11.1 Rapid Prototyping .....	304	4.8.6 Vergüten .....	364
3.11.2 Selektives Schmelzen .....	306	4.8.7 Härt(en) der Randzone .....	365
<b>3.12 Beschichten .....</b>	<b>308</b>	4.8.8 Fertigungsbeispiel: Wärmebehandlung einer Spannpratze .....	368
3.12.1 Beschichten mit Lacken und Kunststoffen .....	308	<b>4.9 Kunststoffe .....</b>	369
3.12.2 Beschichten mit Metallen .....	310	4.9.1 Eigenschaften und Verwendung .....	369
3.12.3 Beschichtungen mit besonderen Eigenschaften .....	311	4.9.2 Chemische Zusammensetzung und Herstellung .....	370
<b>3.13 Fertigungsbetrieb und Umweltschutz .....</b>	<b>312</b>	4.9.3 Technologische Einteilung und innere Struktur .....	371
<b>3.14 Practice your English .....</b>	<b>315</b>	4.9.4 Thermoplaste .....	372
<b>4 Werkstofftechnik</b>		4.9.5 Duroplaste .....	374
<b>4.1 Übersicht der Werk- und Hilfsstoffe .....</b>	<b>317</b>	4.9.6 Elastomere .....	375
4.1.1 Einteilung der Werkstoffe .....	317	4.9.7 Kennwerte der Kunststoffe .....	375
4.1.2 Herstellung der Werkstoffe .....	318	<b>4.10 Verbundwerkstoffe .....</b>	377
4.1.3 Hilfsstoffe und Energie .....	318	4.10.1 Innerer Aufbau .....	377
<b>4.2 Auswahl und Eigenschaften der Werkstoffe .....</b>	<b>319</b>	4.10.2 Faserverstärkte Kunststoffe .....	378
4.2.1 Werkstoffauswahl .....	319	4.10.3 Herstellungsverfahren für faserverstärkte Verbundwerkstoffe .....	379
4.2.2 Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe .....	320	4.10.4 Teilchenverstärkte und Durchdringungs-Verbundwerkstoffe .....	380
4.2.3 Mechanisch-technologische Eigenschaften .....	321	4.10.5 Schicht-Verbundwerkstoffe .....	380
4.2.4 Fertigungstechnische Eigenschaften .....	323	4.10.6 Struktur-Verbundbauteile .....	381
4.2.5 Chemisch-technologische Eigenschaften .....	323	<b>4.11 Werkstoffprüfung .....</b>	382
4.2.6 Umweltverträglichkeit, gesundheitliche Unschädlichkeit .....	324	4.11.1 Prüfung der Verarbeitungseigenschaften .....	382
<b>4.3 Innerer Aufbau der Metalle .....</b>	<b>325</b>	4.11.2 Prüfung mechanischer Eigenschaften .....	383
4.3.1 Innerer Aufbau und Eigenschaften der Metalle .....	325	4.11.3 Kerbschlagbiegeversuch .....	385
4.3.2 Kristallgittertypen der Metalle .....	326	4.11.4 Härtetesten .....	386
4.3.3 Baufehler im Kristall .....	327	4.11.5 Dauerfestigkeitsprüfung .....	390
4.3.4 Entstehung des Metallgefüges .....	327	4.11.6 Bautest-Betriebslasten-Prüfung .....	391
4.3.5 Gefügearten und Werkstoffeigenschaften .....	328	4.11.7 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen .....	391
4.3.6 Gefüge reiner Metalle und Gefüge von Legierungen .....	329	4.11.8 Metallografische Untersuchungen .....	392
<b>4.4 Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe .....</b>	<b>330</b>	4.11.9 Prüfung der Kunststoff-Kennwerte .....	393
4.4.1 Gewinnung von Roheisen .....	330	<b>4.12 Umweltproblematik der Werk- und Hilfsstoffe .....</b>	394
4.4.2 Herstellung von Stahl .....	331	<b>4.13 Practice your English .....</b>	396
4.4.3 Das Bezeichnungssystem für Stähle .....	334		

<b>5 Maschinentechnik</b>	
5.1 Einteilung der Maschinen .....	398
5.1.1 Kraftmaschinen .....	398
5.1.2 Arbeitsmaschinen .....	402
5.1.3 Datenverarbeitungsanlagen .....	405
5.2 Funktionseinheiten von Maschinen und Geräten .....	406
5.2.1 Innerer Aufbau von Maschinen .....	406
5.2.2 Funktionseinheiten einer CNC-Werkzeugmaschine .....	408
5.2.3 Funktionseinheiten einer Klimaanlage .....	410
5.2.4 Sicherheitseinrichtungen an Maschinen .....	411
5.3 Funktionseinheiten zum Verbinden .....	413
5.3.1 Gewinde .....	413
5.3.2 Schraubenverbindungen .....	415
5.3.3 Stiftverbindungen .....	423
5.3.4 Nietverbindungen .....	425
5.3.5 Welle-Nabe-Verbindungen .....	427
5.4 Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen .....	431
5.4.1 Reibung und Schmierstoffe .....	431
5.4.2 Lager .....	434
5.4.3 Führungen .....	443
5.4.4 Dichtungen .....	446
5.4.5 Federn .....	448
5.5 Funktionseinheiten zur Energieübertragung .....	450
5.5.1 Wellen und Achsen .....	450
5.5.2 Kupplungen .....	452
5.5.3 Riementriebe .....	457
5.5.4 Kettentriebe .....	459
5.5.5 Zahnradtriebe .....	461
5.6 Antriebseinheiten .....	464
5.6.1 Elektromotoren .....	464
5.6.2 Getriebe .....	471
5.6.3 Linearantriebe .....	477
5.7 Practice your English .....	479
<b>6 Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung</b>	
6.1 Montagetechnik .....	480
6.1.1 Montageplanung .....	480
6.1.2 Organisationsformen bei der Montage .....	481
6.1.3 Automatisierung der Montage .....	481
6.1.4 Montagebeispiele .....	482
6.2 Inbetriebnahme .....	488
6.2.1 Aufstellung von Maschinen oder Anlagen .....	489
6.2.2 Inbetriebnahme von Maschinen oder Anlagen .....	490
6.2.3 Abnahme von Maschinen oder Anlagen .....	492
6.3 Instandhaltung .....	493
6.3.1 Tätigkeitsgebiete und Definition .....	493
6.3.2 Begriffe der Instandhaltung .....	494
6.3.3 Ziele der Instandhaltung .....	495
6.3.4 Instandhaltungskonzepte .....	495
6.3.5 Wartung .....	498
6.3.6 Inspektion .....	501
6.3.7 Instandsetzung .....	503
6.3.8 Verbesserungen .....	505
6.3.9 Auffinden von Störstellen und Fehlerquellen .....	506
6.4 Korrosion und Korrosionsschutz .....	508
6.4.1 Ursachen der Korrosion .....	508
6.4.2 Korrosionsarten und ihr Erscheinungsbild .....	510
6.4.3 Korrosionsschutz-Maßnahmen .....	511
6.5 Schadensanalyse und Schadensvermeidung .....	514
6.6 Beanspruchung und Festigkeit der Bauelemente .....	516
6.7 Practice your English .....	518
<b>7 Elektrotechnik</b>	
7.1 Der elektrische Stromkreis .....	520
7.1.1 Die elektrische Spannung .....	520
7.1.2 Der elektrische Strom .....	521
7.1.3 Der elektrische Widerstand .....	522
7.2 Schaltung von Widerständen .....	523
7.2.1 Reihenschaltung von Widerständen .....	523
7.2.2 Parallelschaltung von Widerständen .....	524
7.3 Stromarten .....	525
7.4 Elektrische Leistung und elektrische Arbeit .....	526
7.5 Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	527
7.6 Fehler an elektrischen Anlagen .....	528
7.7 Schutzmaßnahmen bei elektrischen Maschinen .....	529
7.8 Hinweise für den Umgang mit Elektrogeräten .....	531
7.9 Practice your English .....	532
<b>8 Grundlagen der Automatisierungstechnik</b>	
8.1 Steuern und Regeln .....	533
8.1.1 Grundlagen der Steuerungstechnik .....	533
8.1.2 Grundlagen der Regelungstechnik .....	535
8.2 Grundlagen und Grundelemente von Steuerungen .....	539
8.2.1 Arbeitsweise von Steuerungen .....	539
8.2.2 Steuerungskomponenten .....	540
8.3 Pneumatische Steuerungen .....	545
8.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen .....	545
8.3.2 Bauelemente der Pneumatik .....	546
8.3.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen .....	555
8.3.4 Systematischer Schaltplanentwurf .....	556
8.3.5 Beispiele pneumatischer Steuerungen .....	560
8.3.6 Vakuumtechnik .....	563
8.4 Elektropneumatische Steuerungen .....	565
8.4.1 Bauelemente elektrischer Kontaktsteuerungen .....	565
8.4.2 Signalelemente – Sensoren .....	568
8.4.3 Verdrahtung mit Klemmleiste .....	573
8.4.4 Beispiele für elektropneumatische Steuerungen .....	574
8.4.5 Ventilinseln .....	579
8.5 Hydraulische Steuerungen .....	581
8.5.1 Energieversorgung und Druckmittelaufbereitung .....	582
8.5.2 Arbeitselemente und Hydrospeicher .....	584
8.5.3 Hydraulikventile .....	588
8.5.4 Proportionalhydraulik .....	592
8.5.5 Hydraulikleitungen und Zubehör .....	594
8.5.6 Beispiele für hydraulische Schaltungen .....	596
8.6 Speicherprogrammierbare Steuerungen .....	599
8.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerung als Kleinsteuerung (Logikmodul) .....	599
8.6.2 Speicherprogrammierbare Steuerung als modulares Automatisierungssystem ..	602
8.7 Practice your English .....	612

<b>9 Automatisierung der Produktion</b>	
9.1 Vergleich der konventionellen und automatisierten Produktion .....	614
9.2 Automatisierungsstufen von Fertigungsanlagen .....	616
9.3 Komponenten automatisierter flexibler Fertigungsanlagen .....	617
9.4 Automatisierte CNC-Werkzeugmaschinen .....	618
9.4.1 Automatisierung eines CNC-Bearbeitungszentrums .....	618
9.4.2 Automatisierung einer CNC-Drehmaschine .....	620
9.4.3 Überwachungseinrichtungen in Werkzeugmaschinen .....	622
9.5 Transportsysteme in automatisierten Produktionsanlagen .....	623
9.6 Industrieroboter in der Produktion .....	624
9.6.1 Handhabungstechnik .....	624
9.6.2 Einteilung der Handhabungssysteme .....	625
9.6.3 Kinematik und Bauarten von Industrierobotern .....	625
9.6.4 Funktionseinheiten von Industrierobotern .....	627
9.6.5 Programmiermethoden von Industrierobotern .....	628
9.6.6 Koordinatensysteme für die Roboterprogrammierung .....	629
9.6.7 Programmierroutinen: Bewegungen und Kommunikation .....	630
9.6.8 Formen der Zusammenarbeit von Mensch und Industrieroboter .....	633
9.6.9 Schutzmaßnahmen und Einsatz von Cobots .....	635
9.6.10 COBOT-Programm Beispiel .....	635
9.7 Automatisierte flexible Fertigungsanlage .....	638
9.8 Automatisierte Transferstraße .....	639
9.9 Marktanforderungen und Produktionsanlagen .....	640
<b>9.10 Vergleich der Flexibilität und Produktivität von Produktionsanlagen ..</b>	<b>641</b>
9.11 Industrie 4.0 – Smart Factory .....	642
9.11.1 Komponenten einer Smart Factory .....	642
9.11.2 Struktur der Smart Factory .....	644
9.11.3 Beispiele für Industrie-4.0-Anwendungen .....	645
9.11.4 Smart Factory .....	648
9.12 Practice your English .....	650
<b>10 Technische Projekte</b>	
10.1 Grundlagen der Projektarbeit .....	651
10.1.1 Arbeitsorganisation Linie und Projekt .....	651
10.1.2 Der Projektbegriff .....	651
10.1.3 Technische Projektarten .....	652
10.2 Projektarbeit als vollständige Handlung und planmäßige Problemlösung .....	652
10.3 Projekte in Phasen erarbeiten am Projektbeispiel Hebevorrichtung .....	653
10.3.1 Die Initialisierungsphase .....	653
10.3.2 Die Definitionsphase .....	654
10.3.3 Die Planungsphase mit Konzeptentwicklung .....	657
10.3.4 Die Durchführungsphase mit Projektrealisierung .....	662
10.3.5 Der Projektabschluss .....	664
10.4 Veränderte Vorgehensmodelle bei der Projektarbeit .....	665
10.5 Dokumentation und technische Unterlagen .....	666
10.5.1 Erstellung von technischen Unterlagen und Dokumentationen .....	666
10.5.2 Anleitungen .....	666
10.5.3 Technische Kommunikation .....	667
10.5.4 Office-Lösungen in der Dokumentation ..	673
10.6 Practice your English .....	678

### Informationen zum lernfeldorientierten Unterrichten

Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen .....	680
Lernfeld: Fertigen von Bauelementen mit Maschinen .....	682
Lernfeld: Herstellen einfacher Baugruppen .....	684
Lernfeld: Warten technischer Systeme .....	686
Lernfeld: Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen .....	688
Lernfeld: Installieren und in Betrieb nehmen steuerungstechnischer Systeme .....	690
Lernfeld: Montieren von technischen Teilsystemen .....	692
Lernfeld: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen .....	694
Lernfeld: Instandsetzen von technischen Systemen .....	696
Lernfeld: Herstellen und in Betrieb nehmen von technischen Teilsystemen .....	698
Lernfeld: Überwachen der Produkt- und Prozessqualität .....	700
Lernfeld: Instandhaltung von technischen Systemen .....	702
Lernfeld: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme .....	704
<b>Firmen- und Bildquellenverzeichnis .....</b>	<b>706</b>
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>709</b>